

Un viaje táctil por la Vía Láctea

Autores: Amelia Ortiz-Gil¹, Emilio Terol¹, Alberto Fernández-Soto²

¹Observatorio Astronómico - Universidad de Valencia

²Instituto de Física de Cantabria (IFCA) (CSIC-UNICAN)

Resumen:

Esta actividad práctica utiliza modelos impresos en 3D de la Vía Láctea y su halo para ayudar a los estudiantes a explorar la estructura, escala e historia de nuestra galaxia. Mediante la exploración táctil, la observación guiada y el razonamiento matemático, los estudiantes adquieren una comprensión más profunda de dónde vivimos en el universo y cómo lo estudian los astrónomos. Los modelos forman parte de la colección diseñada en el proyecto "[A Touch of the Universe](#)", del Observatorio Astronómico de la Universidad de Valencia.

Nivel educativo: tercer ciclo de Primaria, Secundaria y Bachillerato.

Materiales:

- Modelo 3D impreso del fichero "Milky Way.stl" que representa a la Vía Láctea. Incluido en la carpeta [Milky Way.zip](#)
- Modelo 3D impreso del fichero " MW halo.stl" que representa a la Vía Láctea con el halo que la rodea. Incluido en la carpeta [MW halo.zip](#)
- Ficheros "MW etiquetado ESP.pdf" y "MW halo etiquetado ESP.pdf", que permiten identificar las distintas partes de los modelos.
- [Ilustración de artista de la Vía Láctea](#) a partir de datos del satélite Gaia.
- [Imagen de la Vía Láctea](#) tomada en los observatorios de la ESO.
- Bolígrafo, papel y calculadora para realizar pequeños cálculos.
- Regla.
- Pegatinas de colores o rotuladores.

Objetivos de aprendizaje:

- Identificar y describir los componentes principales de la Vía Láctea: bulbo central, brazos espirales, disco y halo.
- Comprender la escala y la estructura de la galaxia, así como nuestra posición en ella.
- Aprender cómo los astrónomos estudian la Vía Láctea desde dentro.
- Explicar el concepto de materia oscura y su función en las galaxias.
- Interpretar datos astronómicos y aplicar el razonamiento matemático en modelos a escala.
- Explorar la importancia histórica y científica de descubrimientos como los de Vera Rubin y la misión Gaia.
- Entender el año luz como medida de distancia.

Introducción

La Vía Láctea

La Vía Láctea es la galaxia en la que vivimos. Es de tipo espiral y en ella se distinguen tres componentes principales: el bulbo central, el disco con brazos espirales y el halo, una estructura esférica que rodea

completamente el disco y el bulbo. El disco tiene un diámetro aproximado de unos 100 000 años luz y es muy delgado, con tan solo 1000 años luz de grosor. No es plano, sino que presenta una forma ligeramente curvada.

La Galaxia es una espiral barrada, con brazos espirales que se subdividen en brazos secundarios y un disco ligeramente curvado. Las espirales barradas se distinguen por presentar una estructura en forma de barra compuesta por una gran concentración alargada de estrellas, gas y polvo, que cruza el centro de la galaxia. Los brazos espirales son el lugar donde se encuentran las mayores cantidades de estrellas, gas y polvo interestelar en una galaxia espiral.

Nuestro Sistema Solar se encuentra en uno de los brazos exteriores del disco, llamado Brazo de Orión. Se encuentra a 26 000 años luz del agujero negro supermasivo central de la galaxia, Sagitario A*, cuya masa se estima en unos 4.2 millones de veces la masa de nuestro Sol.

Conocer la forma exacta de nuestra galaxia es complicado, ya que estamos inmersos en ella y no podemos verla desde el exterior. Pero con los datos disponibles, principalmente los obtenidos por la misión europea Gaia, y observando otras galaxias similares a la nuestra en el resto del universo, podemos hacernos una idea bastante precisa de cómo es realmente. Así, se estima que nuestra galaxia alberga al menos 100 000 millones de estrellas, aunque podría haber hasta 400 000 millones.

El halo de la Vía Láctea

El halo de la Vía Láctea tiene una forma aproximadamente esférica y se estima que su radio es de al menos medio millón de años luz, medido desde el centro galáctico.

Está compuesto principalmente de materia oscura invisible, cuya presencia se manifiesta por la atracción gravitatoria que ejerce sobre objetos luminosos como estrellas y cúmulos globulares (concentraciones muy densas y compactas con decenas de miles o millones de estrellas individuales) que se encuentran en su interior. Se comporta como una especie de "andamio" o estructura que sostiene estos objetos.

La materia oscura fue identificada por primera vez en las galaxias por la astrónoma Vera Rubin. Rubin descubrió que las estrellas alejadas del centro galáctico giraban a la misma velocidad que las estrellas más cercanas. Esta observación solo podía explicarse si había más materia en las galaxias de la que es visible. Esta materia invisible se conoce como materia oscura. Actualmente, es uno de los mayores misterios de la astronomía, ya que astrónomos y físicos aún no han descubierto de qué está compuesta.

Los cúmulos globulares ubicados en el halo son los objetos más antiguos de nuestra galaxia, con una edad de 13 500 millones de años, solo 300 millones de años más jóvenes que el Big Bang.

El halo revela la violenta historia de la Vía Láctea: una galaxia enana colisionó con la nuestra hace entre 7000 y 10 000 millones de años. Las estrellas de esta galaxia enana, llamada Gaia-Salchicha-Encélado, permanecieron alrededor de la Vía Láctea, dispersas por el interior del halo de gas y materia oscura.

El modelo 3D de la Vía Láctea

Nuestro modelo 3D se ha elaborado a partir de datos científicos de la Galaxia obtenidos a partir de sondeos como el realizado por la misión espacial Gaia de la ESA. Forma parte de la colección de modelos 3D del proyecto "[A Touch of the Universe](#)".



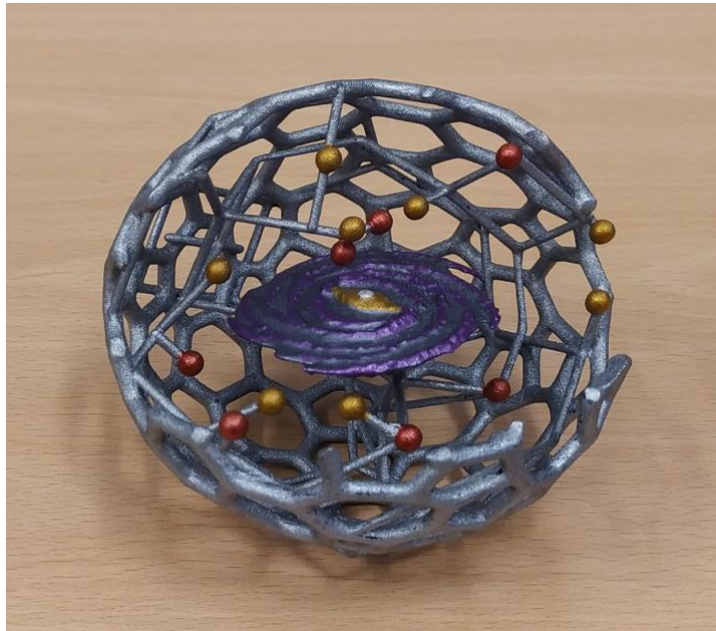
El conjunto de brazos espirales define el disco de la galaxia, que en el caso de la Vía Láctea no es plano, sino ligeramente alabeado. Se distinguen varios componentes en él:

- Zonas lisas entre los brazos, donde hay menos gas y polvo.
- El núcleo galáctico, en el centro, con forma de bulbo esférico. Es donde reside el agujero negro central, Sagitario A*.
- La barra central de estrellas, gas y polvo, una estructura alargada que se extiende desde lados opuestos del núcleo.
- Dos brazos espirales principales, que comienzan en los extremos de la barra.
- Brazos secundarios, que son subdivisiones de los dos brazos principales. Se trata de regiones con mucho relieve, donde encontramos protuberancias que representan estrellas (de un tamaño mucho mayor del que realmente tendrían si estuvieran en la escala correcta en relación con el tamaño del disco).

El modelo 3D del halo

En este modelo 3D, mostramos el halo con una malla que representa la materia oscura y el gas. En varios puntos de su interior, encontramos grupos de pequeñas esferas, los cúmulos globulares y las estrellas. En el centro se sitúa el disco de la Vía Láctea. Forma parte de la colección de modelos 3D del proyecto "[A Touch of the Universe](#)".

Los cúmulos y las estrellas se han representado solo con fines ilustrativos; no están a escala y no se han utilizado datos reales en este modelo.



Descripción de la actividad

Preparación

1. Imprimir los modelos 3D de la Vía Láctea y del halo. Los alumnos con los conocimientos adecuados pueden participar en la impresión.
2. Abrir o imprimir los documentos "MW etiquetado ESP.pdf" y "MW halo etiquetado ESP.pdf" para poder identificar los distintos componentes de los modelos.

Actividad

Tercer ciclo de Primaria

3. Entregar a los alumnos el modelo de la Vía Láctea para que identifiquen los diferentes elementos y que los describan con sus propias palabras (por ejemplo, hay bultos pequeños y uno grande en el centro, hay zonas lisas y otras con relieve, etc.)
4. Preguntar qué creen que podría representar este modelo. Tras un breve intercambio de ideas, el profesor puede guiar a los estudiantes hacia la respuesta correcta dándoles algunas pistas (es nuestro hogar en el Universo).
5. Los estudiantes identifican los diferentes componentes de la Vía Láctea con la ayuda de un mapa del archivo "MW etiquetado ESP.pdf".
6. Entregar el modelo del halo de la Vía Láctea a los estudiantes. Indicar que primero busquen el disco de la Vía Láctea. Luego, pedir que identifiquen otras características en el modelo y las describan con sus propias palabras (por ejemplo, pequeñas bolas, una estructura similar a una telaraña).

7. Los estudiantes identifican los diferentes componentes del halo de la Vía Láctea con la ayuda de un mapa del archivo "MW halo etiquetado ESP.pdf".
8. Mostrar una [imagen de la Vía Láctea con la ubicación de nuestro Sol](#). Los alumnos marcan la posición de nuestro Sistema Solar en el modelo 3D con un rotulador o una pegatina de color.
9. Mostrar ahora una [imagen de la Vía Láctea](#) tal como se ve en nuestro cielo. Preguntar: ¿Por qué la vemos así?
Respuesta: Como vivimos en uno de los brazos espirales, vemos la galaxia de canto. Se puede comprobar sosteniendo el modelo 3D de canto a la altura de los ojos.
10. El disco tiene 100 000 años luz de tamaño y 1000 años luz de grosor. Preguntar: Si el disco tuviera el tamaño de una pizza (300 mm), ¿qué grosor tendría?
Respuesta: ¡solo 3 mm de grosor!
11. Mostrar el modelo del halo y explicar que tiene un radio de 500 000 años luz. Comentar que, si el disco es una pizza, el halo es una burbuja gigante ¡de 5 pizzas de ancho! (El modelo 3D del halo no representa el halo completo, que sería mucho más grande si se escalara correctamente en relación con el tamaño del disco de la Vía Láctea en el mismo modelo).
12. El halo de la Vía Láctea también está compuesto de materia oscura. Comentar con la clase qué es la materia oscura. Se puede encontrar una explicación para niños en [Space Place de la NASA](#).

Secundaria

13. Seguir todos los pasos anteriores adaptándolos a la edad de los estudiantes, si es necesario.
14. ¿Cómo estudió la Vía Láctea el satélite europeo Gaia? Permitir que los estudiantes lo discutan brevemente y luego ver el video de la ESA "[Cómo Gaia estudia la Vía Láctea](#)".
15. Se estima que el radio del halo alrededor de la Vía Láctea es de al menos 500 000 años luz. ¿Cuánto tardarías en llegar al borde a la velocidad de la luz?

Respuesta: 500 000 años.
Enfatizar que un año luz es una medida de distancia.
16. Los cúmulos globulares de estrellas del halo se encuentran entre los objetos más antiguos de la galaxia, ya que tienen aproximadamente 13 500 millones de años de edad. ¿Cuántos años más que la Tierra tienen los cúmulos globulares?

Respuesta:
Los cúmulos globulares tienen aproximadamente 13 500 millones de años, mientras que la Tierra tiene 4500 millones de años. Esto significa que los cúmulos globulares son $13.5/4.5 = 3$ veces más antiguos que la Tierra!
17. Medir con la regla el radio aproximado del modelo 3D, R. Este valor dependerá del tamaño real del modelo impreso.

18. Medir ahora la distancia desde el núcleo hasta la pegatina/marca en la posición del Sol, D.
19. El radio de la Vía Láctea es de unos 50 000 años luz (al). ¿Cuál es la distancia del Sol al centro galáctico (Ds), en años luz?
- Respuesta:
Si R en nuestro modelo corresponde a 50000 al, entonces la distancia del Sol al centro galáctico es $D_s = (D \times 50000) / R$ al.
- El resultado debería ser cercano a $D_s = 26\,000$ al. Esto es aproximadamente la mitad del camino entre el borde y el centro del disco galáctico.
20. Investigar sobre la astrónoma Vera Rubin. ¿Cómo descubrió la presencia de materia oscura en las galaxias?
21. Buscar datos sobre la galaxia enana llamada Gaia-Salchicha-Encélado. ¿Cuál es su conexión con el halo de la Vía Láctea?

Bachillerato

22. Seguir todos los pasos anteriores adaptándolos a la edad de los estudiantes, si es necesario.

23. La Vía Láctea alberga 100 mil millones de estrellas. ¿Cuántos estadios de fútbol llenarían 100 mil millones (o 100×10^9) de pelotas de ping pong?

Respuesta:

Una pelota de ping pong estándar tiene un volumen de aproximadamente 33.5 cm^3 (o $33.5 \times 10^{-6} \text{ m}^3$).

El volumen que ocupan 100 mil millones de pelotas de ping pong es:

$$V_{pp} = 33.5 \times 10^{-6} \times 100 \times 10^9 = 3.35 \times 10^6 \text{ m}^3$$

Un campo de fútbol típico mide 100 m de largo, 64 m de ancho y (digamos) 40 m de alto. Por lo tanto, su volumen es:

$$V_s = 100 \times 64 \times 40 = 256000 \text{ m}^3 = 256 \times 10^3 \text{ m}^3.$$

La cantidad de estadios de fútbol que se pueden llenar con 100 mil millones de pelotas de ping pong es $N_s = V_{pp}/V_s = 3.35 \times 10^6 / 256 \times 10^3 = 13.1$ estadios

24. La velocidad máxima alcanzada por una sonda espacial, la Sonda Solar Parker de la NASA, es de 192.22 km/s. La distancia de la Tierra al centro de nuestra galaxia es de 26 000 años luz. Un año luz (al) equivale a 9.46 billones, o 946 seguidos de 10 ceros, kilómetros. Calcula cuánto tardarías en viajar de la Tierra a Sagitario A*, el agujero negro en el centro de la Vía Láctea, a bordo de la Sonda Solar Parker.

Respuesta:

$192 \text{ km/s} \times 3600 \text{ s/h} \times 24 \text{ h/día} \times 365 \text{ días/a} = 6054912000 \text{ km/a} = 6.1 \times 10^9 \text{ km/a}$ es la velocidad de la sonda solar Parker.

$1 \text{ al} = 946 \times 10^{10} \text{ km}$. La distancia a Sagitario A* es, entonces, $946 \times 10^{10} \times 26 \times 10^3 = 2.5 \times 10^{17} \text{ km}$.

Por lo tanto, la sonda Parker tendrá que recorrer $2.5 \times 10^{17} \text{ km} / 192.22 \text{ km/s} = 1.3 \times 10^{15} \text{ s}$.

¿Cuántos años son?

$$1. 3 \times 10^{15} \text{ s} / 3600 \text{ s/h} = 3.6 \times 10^{11} \text{ h} / 24 \text{ h/d} = 1.5 \times 10^{10} \text{ d} / 365 \text{ d/a} = 41.2 \times 10^6 \text{ a}$$

Para que la sonda solar Parker llegara hoy a Sagitario, habría tenido que abandonar la Tierra durante el Eoceno, cuando el Himalaya aún estaba creciendo, ¡hace 41 millones de años!

Para aprender más

Estas son algunas sugerencias de lecturas para aprender más sobre la Vía Láctea (en inglés):

- ["The Milky Way: An Insider's Guide"](#) por William H. Waller
Una explicación amena y completa de la formación, estructura y evolución de nuestra Galaxia. Ideal para educadores y estudiantes de bachillerato.
- "Milky Way Owners' Workshop Manual" por Gemma Lavender
Guía práctica y accesible para conocer los componentes de la Vía Láctea, incluyendo Sagittarius A*, los brazos espirales y la historia galáctica. Ed. J H Haynes & Co Ltd. ISBN-10: 1785215906, ISBN-13: 978-1785215902
- ["Understanding Gaia: A Mission to Map the Galaxy"](#) por Gabriella Bernardi & Alberto Vecchiato.
Un relato detallado de la misión Gaia de la ESA y su impacto en nuestra comprensión de la Vía Láctea y de la materia oscura.

Agradecimientos

Este trabajo ha sido realizado con una ayuda de la convocatoria de Proyectos I+D+i "Pruebas de Concepto" 2022 (PDC2022), financiada por la Unión Europea a través de los Fondos NextGenerationEU, Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia. Referencia: PDC2022-133930-I00.